

④処理方式について

1. 熱回収施設

- ▶可燃ごみについて、現在は、市川町と神河町は燃料化、福崎町は焼却処理を行っています。
- ▶燃料化について、現状は生成した燃料に含まれている塩素分の問題等で、利用先の確保に苦慮しているという課題を抱えています。
- ▶上記の課題等も踏まえて、処理方式を検討していくことが望ましいと考えられます。

(1) 可燃ごみの処理方式

- ▶可燃ごみの処理方式を表 4 に示します。
- ▶焼却方式、ごみ燃料化方式及び炭化方式は、排出される可燃ごみをほぼ 100%処理可能です。一方、油化方式、バイオマス方式（バイオガス化）、堆肥化方式、飼料化方式は、それぞれ単独の方式では排出される可燃ごみを 100%処理できず（おおむね半分以上の処理不適物が残る）、二次処理として別の方式（焼却方式等）を必要とします。

表 4 可燃ごみの処理方式

処理方式		処理可能対象物	処理不適物	目的 (◎：主目的、○：副目的)		
				資源化	減量化 減容化	安定化
ごみ処理が 単独で完結 するもの	焼却方式	可燃ごみ	—	○ (エネルギー)	◎	◎
	ごみ燃料化方式		不燃物等	◎ (燃料化)	○	○
	炭化方式		不燃物等	◎ (燃料化)	○	○
ごみ処理が 単独で完結 しないため、 更に別の処 理方式が必 要となるもの	油化方式	プラスチック類	プラスチック類 以外	◎ (燃料化)	○	○
	バイオマス方式 (バイオガス化)	厨芥類・ 紙類等	厨芥類・ 紙類以外	◎ (燃料化)	○	○
	堆肥化方式	厨芥類・ 剪定枝	厨芥類・ 剪定枝以外	◎ (堆肥化)	○	○
	飼料化方式	厨芥類	厨芥類以外	◎ (飼料化)	○	○

表 5 可燃ごみ処理方式の概要（焼却方式）

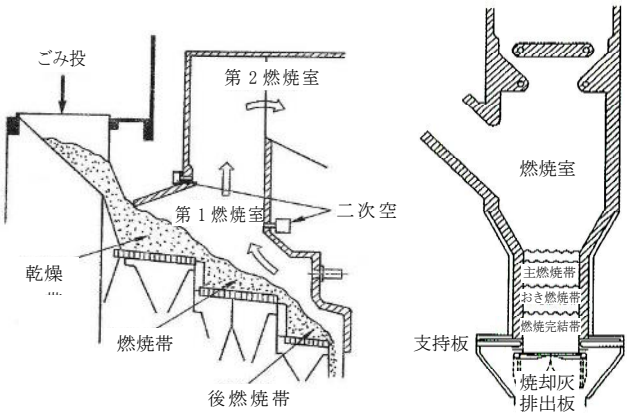
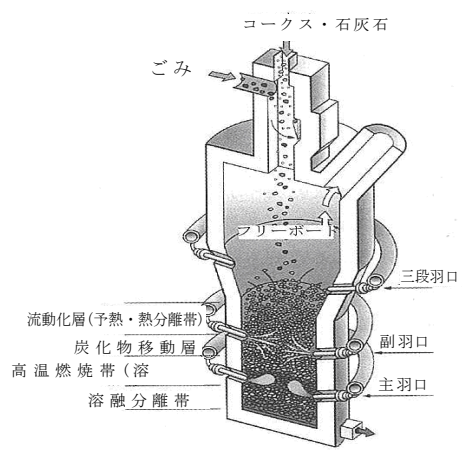
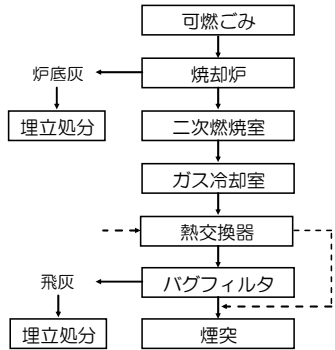
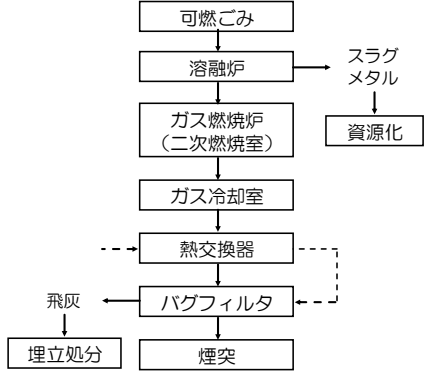
処理方式	焼却方式	
方式の概要	<ul style="list-style-type: none"> 熱分解、燃焼、溶融等の単位反応を単独または組み合わせることにより、ごみを高温酸化して容積を減らし、残渣または溶融固化物に変換する方式 減容効果に優れ、処理対象の幅も広く、可燃ごみの処理方式としては最も一般的な方式 処理システムの違いにより、次のような方式がある。 <p>○焼却処理：炉内に酸素がある状態で燃焼させる。・・・ストーカ式、流動床式、回転炉式等</p> <p>○ガス化溶融処理：炉内を低酸素状態で蒸し焼きにして可燃性ガスを回収し、可燃性ガスの熱量及び外部熱を利用してごみを溶融させる。・・・シャフト炉式、流動床式、キルン式、ガス化改質</p> <p>なお、概略図及び概略フローについては、代表的な例として焼却処理はストーカ式、ガス化溶融処理はシャフト炉式を示す。</p>	
概略図	<p style="text-align: center;">焼却処理（ストーカ式）</p>  <p style="text-align: center;">【階段式】 【竪型火格子式】</p>	<p style="text-align: center;">ガス化溶融処理（シャフト炉式）</p> 
概略フロー		
利点	<ul style="list-style-type: none"> 基本的にごみ自体が持つ熱量で自燃することが可能（シャフト式を除く） 国内実績は最も多い。 燃焼もしくは溶融処理することにより、衛生的な処理とごみの安定化及び減容化が可能。 可燃ごみであれば処理対象に制限はない。（一部破碎処理が必要な場合あり） 発電や熱回収によるエネルギー回収が可能 	
欠点	<ul style="list-style-type: none"> 排ガス処理対策が必須（特に炉の立ち上げ、立ち下げ時） ごみを「燃やす」ことによる周辺住民の忌避感情への対応が必須 	

表 6 可燃ごみ処理方式の概要（ごみ燃料化方式）

処理方式	ごみ燃料化方式
方式の概要	<ul style="list-style-type: none"> • ごみを破碎し、不適物を選別後に成形機でペレット状に固化する方式 • 成形機の前に乾燥する方式と後に乾燥する方式があり、国内では前乾燥が主流となっている。 • 成分調整及び腐敗防止のため、一般的には消石灰等の添加剤を用いる。
概略図	<p style="text-align: center;">【回転乾燥機の構造】</p>
概略フロー	
利点	<ul style="list-style-type: none"> • 国内実績は焼却方式の次に多い。 • ごみを燃やさないため、排ガス量は少ない。 • 必要運転人員は比較的少ない。（間欠運転が可能）
欠点	<ul style="list-style-type: none"> • RDF原料を均質化させるための前処理破碎及び品質確保の金属除去が必要。 • ごみを乾燥するための熱源に化石燃料等の外部エネルギーが必要。 • 燃料の利用先の確保等、需要と供給のバランス確保が不可欠。

表 7 可燃ごみ処理方式の概要（油化方式）

<p>処理方式</p>	<p>油化方式</p>
<p>方式の概要</p>	<ul style="list-style-type: none"> プラスチックごみを破砕し、異物を除去後、脱塩素機により廃プラスチックから塩素分を取り除き、残りの炭化水素分を熱分解し、生成油を製造する方式 生成油は軽質油・中質油・重油で構成され、取り除いた塩素分は塩酸として回収する。
<p>概略図</p>	
<p>概略フロー</p>	
<p>利点</p>	<ul style="list-style-type: none"> 石油資源の再利用に寄与する。 ケミカルリサイクルが可能
<p>欠点</p>	<ul style="list-style-type: none"> 技術的には可能だが、自治体における導入事例は皆無 生成油の製造に熱分解という手段を使うため、石油資源を回収するために、石油資源を使用してしまう。 プラスチックごみの分別収集が必要となり、それに伴う収集運搬費用のコストが増大する（プラスチックごみ以外の可燃ごみについては別途処理が必要）。 生成油の製造コストが現状では高い。 原料となるプラスチックごみの汚れがひどい場合、残渣量が多くなる。

表 8 可燃ごみ処理方式の概要（バイオマス方式）

処理方式	バイオマス方式（バイオガス化）
方式の概要	<ul style="list-style-type: none"> • ごみを、酸素を遮断した条件で発酵させることで、嫌気性菌の働きによりバイオガス(メタン:二酸化炭素の比率=約 6:4)を生成させ、熱供給や発電用(発電効率:約 30%)の燃料として利用を行う方式 • 発生したメタンガスから水素を抽出し、燃料電池で発電(発電効率:約 40%)が可能
概略図	<p>【乾式発酵槽】</p> <p>【湿式発酵槽】</p>
概略フロー	
利点	<ul style="list-style-type: none"> • 発生したバイオガスの発電を行うため、外部エネルギー使用量の削減が可能 • ごみを燃やさないが、バイオガスを燃料として利用する。排ガス量はやや少ない。 • 発電等による、外部エネルギー使用量の削減が可能（低炭素社会に貢献） • 設備が機密構造のため、防爆対策は容易 • タールによる煙道閉塞なし。 • 可動部や機器点数が少なく、所内消費電力、設備保守の頻度及び費用が少ない。
欠点	<ul style="list-style-type: none"> • 国内実績は少ない。 • 污泥再生処理センターを中心に実績はあるが、生ごみのバイオマス施設については実績が少なく歴史が浅い。 • 安定した発酵を行うため、前処理破碎による原料の均一化が必要 • 生ごみを対象とするため、生ごみの分別収集もしくは不適物の機械選別が必須 • 農薬等が投入された場合、微生物が弱り発酵が阻害される。 • 現状では建設費、維持管理費ともに割高である。

表 9 可燃ごみ処理方式の概要（炭化方式）

処理方式	炭化方式
方式の概要	<ul style="list-style-type: none"> • 有機物を低酸素または無酸素の状態で蒸し焼き（熱分解）した後、発生ガスを燃焼または回収するとともに、熱分解後の炭化物を再生利用する方式。 • 炭化物の熱量はRDFの約70%程度であり、低酸素で運転するため、選別された金属類は還元状態で排出され、高い資源価値がある。
概略図	<p style="text-align: center;">【直接加熱キルン式炭化炉】</p>
概略フロー	
利点	<ul style="list-style-type: none"> • 製造された炭化物はものごみの約 1/8 に減容されるため、運搬効率が低い。 • ごみを燃やさなため、排ガス量は少ない。 • 必要運転人員は比較的少ない。（間欠運転が可能）
欠点	<ul style="list-style-type: none"> • 国内実績は少ない。 • 技術的には確立されているが、処理フローが複雑 • 適正な運転を行うために、前処理破碎が必要 • ごみを乾燥するための熱源に化石燃料等の外部エネルギーが必要 • 停電や一時的な稼働停止（昼休み等）時に、温度が下がりきっていない乾燥機に残留したごみが部分的に高温になることにより、部分燃焼＝燻りが発生する可能性があるため、火災に注意が必要 • 機器点数が多いため、運転が複雑（操作上の留意点が多い） • 炭化物の安定した利用先確保が課題（需要と供給のバランス確保が不可欠）

表 10 可燃ごみ処理方式の概要（堆肥化方式）

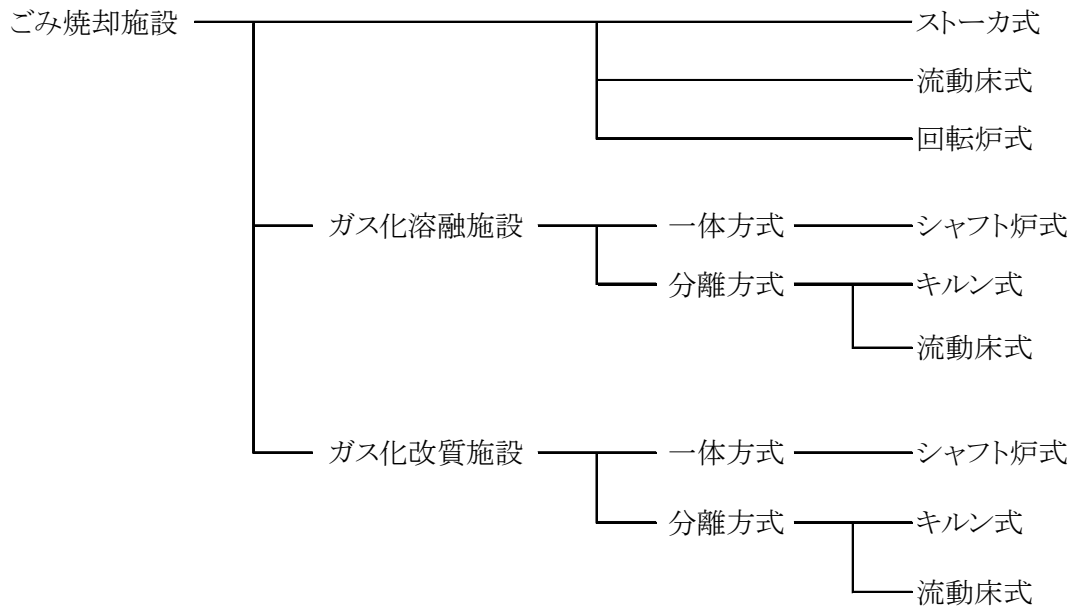
処理方式	堆肥化方式
方式の概要	<ul style="list-style-type: none"> 微生物の働きを利用して、生ごみや剪定枝等を好氣的条件下で発酵処理し、有機物を分解する方式 堆肥化方式では、個々の家庭や事業所からの分別収集あるいは直接搬入した生ごみ等を破袋・選別などを行った後、数週間から数ヶ月の期間をかけて発酵・熟成させ、堆肥を製造する。 発酵過程での発熱において、ごみ中のほとんどの病原性生物が死滅し、雑草の種子が不活性化され、安全な堆肥となる。
概略図	<p>【立型多段発酵槽】（レーキ式）</p> <p>【横型平面式発酵槽】（パドル式）</p>
概略フロー	<pre> graph TD A[可燃ごみ (堆肥化対象物)] --> B[前選別] B --> C[水分調整] C --> D[発酵] D --> E[後発酵] E --> F[後選別] F --> G[堆肥] F --> H[残渣] H --> I[焼却処理・資源化处理] </pre>
利点	<ul style="list-style-type: none"> 技術的には確立しており、歴史も古い。 生ごみ等有機物の処理方法として国内事例は多い。 微生物による有機廃棄物の分解のため、外部エネルギー使用量は少ない。 機器点数が少なく、運転は簡易で管理し易い。 必要運転人員は比較的少ない。
欠点	<ul style="list-style-type: none"> 国内実績は多いが、そのほとんどが小規模のものである。 堆肥の品質確保のため、プラスチック・金属の徹底的な排除が必要 発酵時（材料の切り返し時）に温室効果ガス（亜酸化窒素）が発生する。 原料の性質上、悪臭が発生しやすいため悪臭の防止に注意が必要 生ごみ等有機物の分別収集が必要となり、それに伴う収集運搬費用のコストが増大する（生ごみ等有機物以外の可燃ごみについては別途処理が必要）。 製品完成までに時間が掛かるため、仮置場等の比較的広い面積が必要 堆肥については一定の品質を確保しなければ利用されず、場合によっては堆肥の焼却処理や埋立処分が生じる。 原料の発生場所と堆肥の需要場所に留意が必要（需要と供給のバランス確保が不可欠）

表 11 可燃ごみ処理方式の概要（飼料化方式）

処理方式	飼料化方式
方式の概要	<ul style="list-style-type: none"> 原料を破碎し、加熱によりやわらかくした後、圧搾・乾燥により水分を取り除き、家畜用の飼料を製造する方式 有機物（動物性残渣中心）の資源化方式の一つである。
概略図	
概略フロー	
利点	<ul style="list-style-type: none"> 排ガス量はやや少ない。 分離した油分を収集しボイラ燃料として利用を行うため、外部エネルギー使用量の削減が可能（低炭素社会に貢献） 必要運転人員は比較的少ない。
欠点	<ul style="list-style-type: none"> 国内実績は民間事業者が多い（自治体施設は数件）。 腐敗した原料による油分離機、排水処理施設等の機能が低下しやすく、また、飼料の酸化・発熱に繋がるため、腐敗しやすい対象物については鮮度が重要である。 廃水が比較的大量に発生する。 原料の性質上、悪臭が発生しやすいため、悪臭の防止に注意が必要 原料の鮮度に応じた弾力的な運転を必要とするため管理が難しい。 生ごみ等有機物の分別収集が必要（生ごみ等有機物以外の可燃ごみについては別途処理が必要） 飼料については一定の品質確保が必要であり、場合によっては飼料の焼却処理や埋立処分が生じる。 原料の発生場所と飼料の需要場所に留意が必要（需要と供給のバランス確保が不可欠）

(2) 焼却方式の種類

▶ ごみ焼却施設の概略分類を図4に示します。



出典) 「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2017 改訂版」公益社団法人 全国都市清掃会議

図4 ごみ焼却施設の概略分類図

▶ 焼却方式の中でも歴史が長く、多くの実績を有しているストーカ式焼却方式、次いで実績を有する流動床式焼却方式、シャフト炉式ガス化熔融方式、流動床式ガス化熔融方式の概要を表12～表15に示します。

表 12 ストーカ式焼却方式

処理方式	ストーカ式焼却方式
概要	<p>ごみを可動する火格子（揺動式、階段式、回転式等）上でごみを移動させながら、火格子下部から空気を送入し、燃焼させる。</p> <p>燃焼に先立ちごみの十分な乾燥を行う乾燥帯、乾燥したごみが乾留されながら炎を発生し、高温下で活発な酸化反応が進む燃焼帯及び焼却灰中の未燃物の燃え切りを図る後燃焼帯から構成されている。（型式によっては、このような明確な区分を設けずに同様の効果を得ている場合もある。）</p>
概略図	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> • 長い歴史を経て技術的に成熟しており、信頼性が高い。 • 周辺自治体での導入事例も多数あり、多くの実績を有す。 • 基本のごみのもつ熱量で自燃することが可能。 • 他の焼却処理方式と比較して電力消費量が少ない。
課題	<ul style="list-style-type: none"> • 立ち上げ、立ち下げ時に時間を要し、補助燃料が必要。 • 焼却残さ（焼却灰）量が多い。（ガス化熔融方式と比較して最終処分量が多い。）
近年の整備事例	<p>エコクリーンセンター南越 84t/日（42t/日×2 炉）【福井県南越清掃組合，2021 年竣工】</p> <p>菊池環境工場クリーンの森合志 170t/日（85t/日×2 炉）【熊本県菊池環境保全組合，2021 年竣工】</p> <p>エネクリン北薩 88t/日（44t/日×2 炉）【鹿児島県北薩広域行政事務組合，2021 年竣工】</p>

出典) 「ごみ処理施設整備の計画・設計要領」 社団法人 全国都市清掃会議，財団法人 廃棄物研究財団
「ごみ処理施設構造指針解説」 社団法人 全国都市清掃会議
「一般廃棄物処理実態調査結果（令和元年度調査結果）」 環境省

表 13 流動床式焼却方式

処理方式	流動床式焼却方式
概要	<p>けい砂等の粒子層の下部から加圧した空気を分散供給して、蓄熱したけい砂等を流動させ、その中でごみをガス化、燃焼させる。</p> <p>定常状態において、しゃく熱状態にあるけい砂等の流動媒体の攪拌と保有熱によって、ごみの乾燥・ガス化・燃焼の過程を短時間に行う特徴を有している。</p> <p>流動用押し込み空気により、流動層を形成している高温流動媒体の中で、ごみの乾燥・ガス化・燃焼を行うもので、流動層を保持する散気装置、炉底から流動媒体とともに不燃物を取り出す不燃物取出装置、取出した流動媒体中に混在する不燃物を選別する不燃物選別装置、流動媒体を炉内に返送する流動媒体循環装置から主に構成されている。</p>
概略図	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> • 基本のごみのもつ熱量で自燃することが可能。 • 立ち上げ、立ち下げに関し、短時間での対応が可能。 • 縦型炉のため、設置スペースのコンパクト化が可能。
課題	<ul style="list-style-type: none"> • 大型のごみには前処理（粗破碎）が必要となる。 • 燃焼速度が速いため、CO濃度の時間的な変動が発生しやすく、ストーカ式よりも燃焼制御が難しい。 • 焼却残さ（焼却灰）量が多い。（ガス化溶融方式と比較して最終処分量が多い。） • 飛灰量が多い。（ストーカ式やガス化溶融方式と比較して飛灰量が多い。）
近年の整備事例	<p>はつかいちエネルギーセンター 150t/日（75t/日×2炉）【広島県廿日市市，2019年竣工】</p> <p>北秋田市クリーンリサイクルセンター 50t/日（25t/16h×2炉）【秋田県北秋田市，2018年竣工】</p> <p>芳賀地区エコステーション 143t/日（71.5t/日×2炉）【栃木県芳賀地区広域行政事務組合，2014年竣工】</p>

出典) 「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2017 改訂版」公益社団法人 全国都市清掃会議
「ごみ処理施設構造指針解説」社団法人 全国都市清掃会議
「一般廃棄物処理実態調査結果（令和元年度調査結果）」環境省

表 14 シャフト炉式ガス化溶融方式

処理方式	シャフト炉式ガス化溶融方式
概要	<p>炉の上部からごみとコークス、石灰石を供給し、ごみの乾燥、熱分解から溶融までをシャフト炉と呼ばれる円筒型の炉本体で行う。</p> <p>炉内は上部から乾燥・予熱帯、熱分解帯、燃焼・溶融帯に区分される。</p> <p>乾燥・予熱帯では、ごみが加熱され水分が蒸発し、熱分解帯では有機物のガス化が起こり、発生ガスは炉上部から排出され、別置きで燃焼室で完全燃焼される。</p> <p>ガス化した後の残さはコークスとともに燃焼・溶融帯へ下降し、炉下部から供給される空気（一部、酸素富化したものを使う場合もある）により燃焼し、1,500℃以上の高温で完全に溶融される。</p>
概略図	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> • ごみ質の変動にも対応が可能。（災害時における災害廃棄物等の処理にも対応が可能） • ごみを全て溶融することが可能で、スラグとメタルを分離回収できるため、最終処分量が少ない。 • 縦型のため、設置スペースのコンパクト化が可能。
課題	<ul style="list-style-type: none"> • 立ち上げ、立ち下げ時以外も、助燃剤としてコークス等を常時使用するため、二酸化炭素排出量が多く、処理費用は割高となる。 • スラグとメタルの利用先の確保が必要となる。 • コークスは海外からの輸入に依存しているため、海外価格が高騰した場合、処理費用が割高になるおそれがある。
近年の整備事例	<p>東総地区クリーンセンター 198t/日（99t/日×2炉） 【千葉県東総地区広域市区町村圏事務組合，2021年竣工】</p> <p>名古屋市北名古屋工場 660t/日（330t/日×2炉）【愛知県名古屋市，2020年竣工】</p> <p>東部知多クリーンセンター 200t/日（100t/日×2炉）【愛知県東部知多衛生組合，2019年竣工】</p>

出典) 「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2017 改訂版」公益社団法人 全国都市清掃会議

「ごみ処理施設整備の計画・設計要領」社団法人 全国都市清掃会議，財団法人 廃棄物研究財団

「一般廃棄物処理実態調査結果（令和元年度調査結果）」環境省

表 15 流動床式ガス化溶融方式

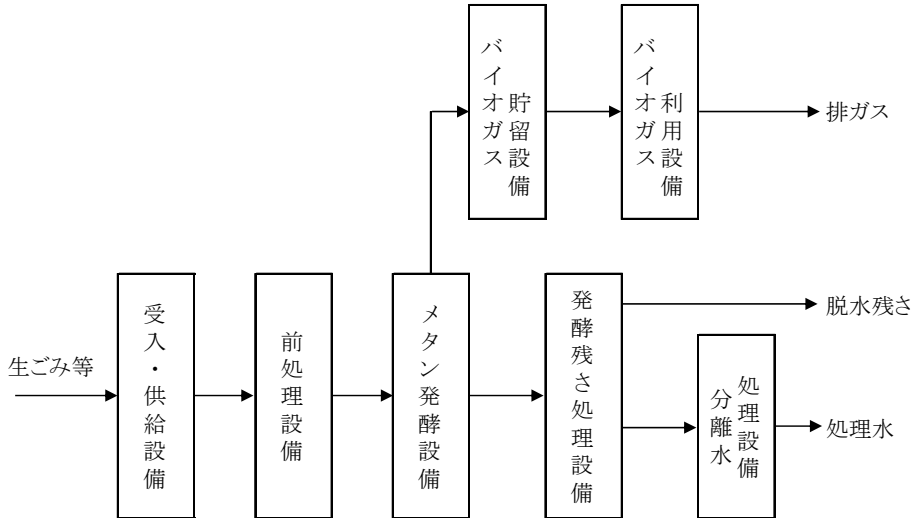
処理方式	流動床式ガス化溶融方式
概要	<p>ごみは破碎された後、流動床炉に供給される。</p> <p>流動床炉では、流動空気を絞り流動砂の温度を 450～600℃と比較的低温に維持し安定したガス化を行う。</p> <p>不燃物は炉下部から流動媒体とともに抜き出され、鉄・非鉄金属は資源化される。</p> <p>発生した熱分解ガスとチャー（炭化物）等は後段の旋回溶融炉において、低空気比燃焼で溶融処理を行う。溶融温度は、1,300℃程度となり、ダイオキシン類の生成を抑えると同時に、熱回収も高めることができる。</p> <p>溶融した灰は、冷却水槽で急冷されて、砂状の溶融スラグとして回収される。</p>
概略図	<p>The diagram illustrates the process flow: Waste (ごみ) enters the Fluidized Bed Gasification Furnace (流動床ガス化炉) where it undergoes thermal decomposition (熱分解). Air (空気) is supplied to the furnace. The resulting gasification gas and char (熱分解ガス・チャー) move to the Rotary Melting Furnace (旋回溶融炉) where they are burned and melted (燃焼溶融). Air (空気) is also supplied here. The molten slag (溶融スラグ) is then cooled in a Cooling Water Tank (冷却水槽) for heat recovery (熱回収). The waste heat boiler (廃熱ボイラ) and gas treatment (排ガス処理) units are also shown in the process.</p>
特徴	<ul style="list-style-type: none"> • 縦型のため、設置スペースのコンパクト化が可能。 • 鉄分、非鉄分（アルミ）を資源価値の高い金属として回収できる。（酸化されずに分離回収が可能。）
課題	<ul style="list-style-type: none"> • 大型のごみには前処理（粗破碎）が必要となる。 • 立ち上げ、立ち下げ時以外にも、ごみの低位発熱量が低い場合は、助燃剤の使用が必要となる。助燃材を使用した場合は、二酸化炭素排出量が多くなる。 • スラグの利用先の確保が必要となる。
近年の整備事例	<p>上伊那クリーンセンター 118t/日（59t/日×2 炉）【長野県上伊那広域連合，2019 年竣工】</p> <p>エネルギー回収施設（川口） 150t/日（75t/日×2 炉） 【山形県山形広域環境事務組合，2018 年竣工】</p> <p>仙南クリーンセンター 200t/日（100t/日×2 炉）【宮城県仙南地域広域行政事務組合，2017 年竣工】</p>

出典) 「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2017 改訂版」公益社団法人 全国都市清掃会議

「一般廃棄物処理実態調査結果（令和元年度調査結果）」環境省

▶上記のように、焼却方式は、「ストーカ式」と「流動床式」に大別されますが、さらにメタンガス化の設備を備えた「ハイブリッド方式」が考えられます。メタンガス化（メタン発酵）の概要を表16～表17に示します。

表16 メタン発酵

処理方式	メタン発酵
概要	<p>可燃ごみとして焼却処理されていた生ごみ等の廃棄物系バイオマスを分別収集又は機械選別してメタン発酵させバイオガスを回収する施設であり、<u>バイオガスを利用して発電効率の向上を図る</u>※ことで、高効率のエネルギー回収が可能となる。</p> <p>【※バイオガスを燃焼させ、独立過熱器を通じてボイラで発生した蒸気をさらに過熱させる方法やガスエンジンにバイオガスを用いて発電する方法がある。】</p> <p>メタン発酵のみを行う方式のほか、ごみ焼却処理施設を併設する方式（メタンガス化+焼却方式（ハイブリッド方式又はコンバインド方式ともいう））もある。</p> <p>処理方式の分類には、メタン発酵槽へ投入する固形物濃度の違いにより、湿式方式と乾式方式、また、発酵温度の違いによって、中温方式と高温方式に分類することができる。</p>
概略図	
特徴	<ul style="list-style-type: none"> • 全量焼却施設と比較して、総合的な環境負荷の削減が可能となるほか、焼却処理量の減量化が可能となる。 • ごみ発電が困難となる小規模施設においてもバイオガスの電気への転換等によりエネルギー利用が可能となる。
課題	<ul style="list-style-type: none"> • 生ごみ等の廃棄物系バイオマス以外の可燃ごみについて、別途、中間処理が必要。 • 発酵残さ等が有効利用できない場合は、発酵残さ等の処理が必要となる。
近年の整備事例【乾式発酵】	<p>京都市南部クリーンセンター第二工場（バイオガス化施設） 60t/日（30t/日×2基） 【京都府京都市，2019年竣工】</p> <p>防府市クリーンセンター可燃ごみ施設バイオガス化施設 51.5t/日（27.75t/日×2基）【山口県防府市，2014年竣工】</p> <p>南但ごみ処理施設 高効率原燃料回収施設 36t/日（36t/日×1基） 【兵庫県南但広域行政事務組合，2013年竣工】</p>

出典) 「エネルギー回収型廃棄物処理施設整備マニュアル (R3.4改訂)」環境省
「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2017 改訂版」公益社団法人 全国都市清掃会議
「メタンガス化施設整備マニュアル (改訂版 平成29年3月)」環境省

表 17 メタン発酵（湿式発酵・乾式発酵）

処理方式	湿式発酵		乾式発酵
	高温（約 55℃）	中温（約 35℃）	高温（約 55℃）
処理対象物	固形分濃度 6～10%		固形分濃度 25～40%
処理可能物の種類	<ul style="list-style-type: none"> 家畜糞及び尿 下水汚泥、し尿処理汚泥 生ごみ （紙:一部の高温発酵法） 		<ul style="list-style-type: none"> 家畜糞 下水汚泥、し尿処理汚泥 生ごみ 紙、植物（剪定枝類）
施設概要	<ul style="list-style-type: none"> 高温環境（約 55℃）で分解速度が高まるメタン菌を利用。 10 倍程度希釈して処理を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 中温環境（約 35℃）で分解速度が高まるメタン菌を利用。 10 倍程度希釈して処理を行う。 	<ul style="list-style-type: none"> 水分濃度 55～60%という低い濃度でも活動するメタン菌を利用する発酵方法で、高温環境（約 55℃）で発酵を行う。
特徴	<ul style="list-style-type: none"> メタン発酵日数が中温に比べて少ない。 微生物の増殖速度が大きいいため高い容積負荷をとることができ、中温に比べてガス発生量が多い。 	<ul style="list-style-type: none"> メタン発酵菌の種類が多く、維持管理が比較的容易に行える。（原料の変動に強い。） アンモニア阻害に対する安定性が高い。 	<ul style="list-style-type: none"> 紙類もメタン発酵可能。 微生物の増殖速度が大きいため高い容積負荷をとることができ、ガス発生量が多い。（湿式と比較） 発酵残さの脱水に伴う分離水が少ないため、脱水分離水を排水処理する場合、処理コストが小さくなる。（脱水分離水は処理を行い、放流先の排出基準に適合させる必要がある。） 機械選別を導入することで、生ごみの分別収集を実施していない自治体でも利用が可能。
共通	<ul style="list-style-type: none"> 機械などの駆動部が少なく省電力でメンテナンスコストが低い。 規模・処理量のバリエーションが豊富。（敷地面積の省スペースが可能、堅型も可能） 残さが少ない。（下水処理場と連携させた場合） 		
課題	<ul style="list-style-type: none"> メタン発酵菌の種類が少ないため、維持管理に細心の注意が必要となる。 発酵温度を維持するための必要熱量が大きい。 	<ul style="list-style-type: none"> メタン発酵日数が高温に比べて多くなる。 メタン発酵槽が大きくなる。 	<ul style="list-style-type: none"> 駆動部が多く電力諸費が大きい。 発酵温度を維持するための必要熱量が大きい。（湿式の高温発酵も同様） 発酵残さが多い。 施設の必要面積が大きい。
共通	<ul style="list-style-type: none"> 家庭ごみの中でガス化できるのが生ごみだけなので、ガス発生量が少ない。 発酵残さの脱水に伴う分離水が多いため、脱水分離水を排水処理する場合、処理コストが大きくなる。（脱水分離水は処理を行い、放流先の排出基準に適合させる必要がある。） 		

出典) 「エネルギー回収型廃棄物処理施設整備マニュアル（令和3年4月改訂）」より、整理・加筆

▶以上のように焼却方式にも多くの種類がありますが、メーカーからのアンケートや近隣自治体の採用状況を踏まえると以下の3つの選択肢になる可能性が高いと思われます。

ア 焼却方式（ストーカ式）

乾燥、燃焼、後燃ストーカを用いて徐々に燃焼する方法で採用実績が最も多い。

イ 焼却方式（流動床式）

流動砂を加熱し流動させて短時間で燃焼する方法で汚泥等の燃焼に優れている。

ウ ハイブリッド（メタンガス化＋焼却）方式

ごみを選別し、バイオマス成分が多いごみについては液化して嫌気性菌の働きによりバイオガス（メタン）を生成させて燃料として回収し、発酵に不適なごみ及びメタンガス回収後の残渣については焼却する。

▶各方式について、導入実績（2012年以降、施設全体の規模30～70t／日）を表に示します。

▶多量の汚泥等を焼却処理する必要がある場合は焼却方式（流動床式）、ごみの分別が徹底でき、生成したメタンガスの有効利用方法が確定できていない場合はハイブリッド（メタンガス化＋焼却）方式を採用することで、焼却方式（ストーカ式）を上回る効率的なごみ処理を実現できる可能性があります。

▶一方、上記のような特別な理由がない場合は、採用実績が多く、大きなデメリットがない焼却方式（ストーカ式）を採用することで、トラブル発生等のリスクを下げることができると考えられます。

表 18 焼却方式における主な処理方式

	焼却方式（ストーカ式）	焼却方式（流動床式）	ハイブリッド （メタンガス化＋焼却）方式
技術概要	<p>投入されたごみは、火格子の上を移動しながら、乾燥、燃焼、後燃焼の過程を経て、焼却灰の大部分は炉下灰として排出される。</p> <p>ごみ処理における長期の実績があり、技術の熟度は最も高い。燃焼管理や除去技術の進歩により、ダイオキシン対策も確立されている。</p>	<p>炉内に流動砂が入っており、この砂を高温に熱し、風圧により流動化させる。高温で流動した炉内に、破碎したごみを投入し、短時間で燃焼させる。砂の保有熱により燃焼が補助されるため、汚泥等の燃焼はストーカ式よりも優れる。焼却灰の大部分は飛灰として排出される。</p>	<p>ごみ（生ごみ、紙等）をメタン発酵させ、バイオガスを回収する施設と、発酵残渣及び発酵に不適な燃えるごみ（プラスチック等）を焼却する施設を併設する方式。</p>
主な特徴	<ul style="list-style-type: none"> • 国内において最も歴史が長く、実績も多い。 • 燃焼は緩やかで、安定燃焼するため、助燃材は必要としない。 • 低空気比燃焼を実施した場合は排ガス量が低減するため、排ガス処理設備が小規模となる。 • ごみホッパの入口サイズ以下であれば、破碎する必要はない。（約 70 cm以下であれば問題なく焼却処理できる。） • 流動物は焼却できない。（噴霧等による場合を除く） • 高水分の廃棄物は、乾燥が必要となる。（未燃残渣が増える。また炉内温度の低下につながる。） 	<ul style="list-style-type: none"> • 焼却するごみ質は低質ごみから高質ごみまで適用範囲が広い。 • 炉の起動・停止が早い。 • 未燃分が極めて少ない。 • 焼却するごみの前処理破碎が必要。（約 10～30 cm程度） • 金属等の不燃物の混入に限界がある。（金属等の不燃物量に伴い流動砂も増え、流動砂の抜き出しが困難となる。その他、流動砂排出装置の能力の低下、流動砂の循環量の増加による熱損失が増加する場合がある。） • 塩類等の低融点成分を多く含むものは適さない。 • 短時間燃焼のため、ごみ質、ごみ量の変動の影響を受けやすい。 	<ul style="list-style-type: none"> • 焼却処理されていた生ごみ等の廃棄物系バイオマスを分別してメタン発酵させバイオガスを回収するため、焼却によるごみ発電よりも高効率のエネルギー回収が可能となる。 • 前処理としてごみを選別、破碎する必要がある。 • ごみの分別を十分に行う必要がある。 • 発酵は肥料として活用できる。 • 焼却方式に比べ、全体施設規模が大型化し、施設整備費も高くなる。

表 19 処理方式別の主な導入実績

	焼却方式 (ストーカ式)	焼却方式 (流動床式)	ハイブリッド (メタンガス化+焼却)方式
主 な 導 入 実 績	<ul style="list-style-type: none"> • 光陽クリーンセンター (福島県：2012年；43t/日) • 赤磐市環境センター (岡山県：2014年；44t/日) • 美作クリーンセンター (岡山県：2014年；34t/日) • 丹波市クリーンセンター (兵庫県：2015年；46t/日) • クリーンパーク長与 (長崎県：2015年；54t/日) • 小山広域保健衛生組合中央清掃センター (栃木県：2016年；70t/日) • 野洲クリーンセンター (滋賀県：2016年；43t/日) • 宮古島市クリーンセンター (沖縄県：2016年；63t/日) • 遠軽地区広域組合えんがるクリーンセンター (北海道：2017年；32t/日) • 葛城市クリーンセンター (奈良県：2017年；50t/日) • 指宿広域クリーンセンター (鹿児島県：2017年；54t/日) • 岩内地方清掃センター (北海道：2018年；30t/日) • 環境管理センター (宮城県：2018年；50t/日) • 北アルプスエコパーク (長野県：2018年；40t/日) • 東彼地区清掃工場 (長崎県：2018年；46t/日) • クリーンヒル天山 (佐賀県：2020年；57t/日) 	<ul style="list-style-type: none"> • 北秋田市クリーンリサイクルセンター (秋田県：2018年；50t/日) 	<ul style="list-style-type: none"> • 南但ごみ処理施設 (兵庫県：2013年；43t/日) • 宮津与謝クリーンセンター (京都府：2020年；50.6t/日)

※環境省ホームページ「廃棄物処理技術情報平成30年度調査（焼却施設）」を基に作成

(3) 炉形式

- ▶ 炉形式は、1日24時間連続稼働する「全連続運転式焼却炉」（以下「連続炉」という。）と、1日24時間連続稼働しない「間欠運転式焼却炉」（1日8時間稼働のバッチ式及び1日16時間稼働の准連続式）に区分されます。
- ▶ 連続炉は間欠運転式焼却炉と比較すると、燃焼の安定性やダイオキシン類の排出削減、熱エネルギーの有効利用等の面で優れています。「ごみ処理に係るダイオキシン類発生防止等ガイドライン」（衛環第21号）では、これらの観点から、原則として連続炉とすることが示されています。
- ▶ また、連続炉は、日々の立上げ（昇温）・立下げ（降温）が不要なため、間欠運転式焼却炉に比べて施設稼働に必要なエネルギーが少なく、エネルギー使用に伴い発生する温室効果ガスを削減できます。
- ▶ 以上のことから、熱回収施設の炉形式は、連続炉（1日24時間連続稼働）を採用することが望ましいと考えられます。

(4) 系列数

- ▶ 「ごみ処理施設整備の計画・設計要領 2017 改訂版（公益社団法人全国都市清掃会議, 2017）」において、エネルギー回収施設で採用する炉数は原則2炉又は3炉とされています。
- ▶ 炉数は少ない方が建設費を低く抑えることができます。
- ▶ 本施設の施設規模は、概算で43t/日（次頁参照）になると考えられ、3炉構成を採用した場合は1炉の処理規模が小さくなり、連続運転が困難になると考えられます。
- ▶ 以上のことから、熱回収施設の系列数は、1炉または2炉構成を採用することが望ましいと考えられます。

処理対象可燃物（H30）＝市川町 2,317t＋福崎町 5,966t＋神河町 2,361t＋破砕可燃 366t
＝11,010t/年

施設規模＝11,010t÷365日÷0.767（実稼働率）÷0.96（調整稼働率）×1.05（災害廃棄物）
≒43t/日

※参考 リサイクル施設の施設規模

リサイクル対象物（H30）＝市川町 597t＋福崎町 390t＋神河町 656t＝1,643t/年

施設規模＝1,643t÷365日×1.15（変動係数）÷0.67（稼働率）＝7.7t/日

2. リサイクル施設

熱回収施設同様、「製品プラスチックの資源化」を検討する必要があります。資源化の可否により、手選別作業や圧縮梱包施設（設備）の規模等の検討が必要となります。